



Trabajo para la obtención del Título de Graduado en
Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

¿PUEDE SER LA ESTRATEGIA DE CARRERA UN FACTOR DE OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LOS 100 METROS LISOS?

Autor:

GERMÁN DE LA TORRE ORELLANA

Tutor:

CARLOS A. CORDENTE MARTÍNEZ

Departamento de Deportes

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF)

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

CURSO 2013 - 2014

AGRADECIMIENTOS

El hecho de redactar estas líneas supone el fin mi etapa universitaria, en la cual, tras estos cuatro maravillosos años tengo que agradecer a muchas personas el poder haber llegado hasta aquí.

En primer lugar, gracias a mi tutor, el Dr. Carlos A. Cordente Martínez, por su esfuerzo, orientación y dirección de este trabajo a pesar de las circunstancias, pero sobre todo, por ser sin ninguna duda, el punto de inflexión de mi ciclo universitario haciéndome crecer como profesional y como persona.

A José Luis Martínez Rodríguez, entrenador de pruebas combinadas del C.A.R de Madrid, agradecerle sus ganas, su accesibilidad, su profesionalismo y su cercanía a la hora de transmitirme conocimientos en todos los ámbitos en este último año.

También agradecer a todos los profesores que durante estos cuatro últimos años han contribuido, en mayor o menor medida, en mi formación, al igual que a todos mis compañeros, de los que me llevo grandes momentos y sobre todo grandes amistades.

Por otra parte, agradecer a Jacqueline Sánchez Palomar su inestimable colaboración en este trabajo en lo referido a la legua de Shakespeare, como por su apoyo, comprensión y compañía en este último periodo.

Por último, a mi familia, por estar siempre al pie del cañón apoyándome en todos los aspectos que han ido surgiendo a lo largo de este tiempo.

A todos, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN	13
<i>1.1 Justificación y aplicación:</i>	<i>13</i>
<i>1.2 Características de la carrera de velocidad:</i>	<i>14</i>
1.2.1 Fases de una prueba de velocidad	15
1.2.2 Ritmo, amplitud y frecuencia en la carrera de velocidad:	16
<i>1.3 Antecedentes del estudio:</i>	<i>17</i>
<i>1.4 Estado actual de conocimientos</i>	<i>17</i>
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	21
3. MUESTRA, MATERIAL Y MÉTODOS	23
3.1 Método utilizado en la revisión bibliográfica	23
3.2 Muestra utilizada.....	24
3.3 Tratamiento de datos	24
4. RESULTADOS.....	27
4.1 Descripción de las gráficas por sectores de 10 a 30 metros:.....	27
4.2 Descripción de las gráficas por sectores de 30 a 80 metros:.....	31
4.3 Descripción de las gráficas por sectores de 80 a 100 metros:.....	35
4.4 Análisis y descripción de gráficas de la media de tiempos por sectores:	38
5. DISCUSIÓN	45
6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	47
7. CONCLUSIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXO	53

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: tiempos parciales medios de 10 a 30 metros pertenecientes al grupo 1</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2: tiempos parciales medios de 10 a 30 metros pertenecientes al grupo 2</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3: tiempos parciales medios de 10 a 30 metros pertenecientes al grupo 3</i>	<i>28</i>
<i>Figura 4: tiempos parciales medios de 10 a 30 metros pertenecientes al grupo 4</i>	<i>29</i>
<i>Figura 5: tiempos parciales medios de 10 a 30 metros pertenecientes al grupo 5</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6: tiempos parciales medios de 30 a 80 metros pertenecientes al grupo 1</i>	<i>31</i>
<i>Figura 7: tiempos parciales medios de 30 a 80 metros pertenecientes al grupo 2</i>	<i>32</i>
<i>Figura 8: tiempos parciales medios de 30 a 80 metros pertenecientes al grupo 3</i>	<i>33</i>
<i>Figura 9: tiempos parciales medios de 30 a 80 metros pertenecientes al grupo 4</i>	<i>33</i>
<i>Figura 10: tiempos parciales medios de 30 a 80 metros pertenecientes al grupo 5</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11: tiempos parciales medios de 80 a 100 metros pertenecientes al grupo 1</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12: tiempos parciales medios de 80 a 100 metros pertenecientes al grupo 2</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13: tiempos parciales medios de 80 a 100 metros pertenecientes al grupo 3</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14: tiempos parciales medios de 80 a 100 metros pertenecientes al grupo 4</i>	<i>36</i>
<i>Figura 15: tiempos parciales medios de 80 a 100 metros pertenecientes al grupo 5</i>	<i>37</i>
<i>Figura 16: tiempos medios de los diferentes grupos a los 10 metros</i>	<i>38</i>
<i>Figura 17: tiempos medios de los diferentes grupos a los 20 metros</i>	<i>39</i>
<i>Figura 18: tiempos medios de los diferentes grupos a los 30 metros</i>	<i>39</i>
<i>Figura 19: tiempos medios de los diferentes grupos a los 40 metros</i>	<i>40</i>
<i>Figura 20: tiempos medios de los diferentes grupos a los 50 metros</i>	<i>41</i>
<i>Figura 21: tiempos medios de los diferentes grupos a los 60 metros</i>	<i>42</i>
<i>Figura 22: tiempos medios de los diferentes grupos a los 70 metros</i>	<i>42</i>
<i>Figura 23: tiempos medios de los diferentes grupos a los 80 metros</i>	<i>43</i>
<i>Figura 24: tiempos medios de los diferentes grupos a los 90 metros</i>	<i>43</i>
<i>Figura 25: tiempos medios de los diferentes grupos a los 100 metros</i>	<i>44</i>

RESUMEN

El presente trabajo de fin de grado plantea una hipótesis acerca de la optimización del rendimiento en una carrera de 100 metros lisos mediante la aplicación de una estrategia de carrera adecuada, tras observarse la pérdida de velocidad en la parte final de la carrera.

Para ello, se desarrollaron dos objetivos relacionados con el tratamiento y estudio de la cinética de carrera en grupos de distinto nivel atlético con el fin de determinar si su comportamiento en carrera es diferente más allá del propio rendimiento, y tratar de comprobar cuales pueden ser las vías energéticas de optimización de dicho rendimiento en la carrera de 100 metros lisos.

ABSTRACT

This final degree work actually developed presents an hypothesis about the optimization of the output in a 100 meter sprint through the possible development of an appropriate strategy, after being observed speed decrements near the end of the sprint activity.

Therefor, two objectives related with the treatment and study of the kinetics of sprint in groups of different athletic standards, to determine if their behavior in sprint activity is different beyond the proper output decreases, and try to make sure which can be the energetic pathways of optimization of the decrements in sprinting activity in a 100 meter race.

1. INTRODUCCIÓN

Dada mi implicación en el mundo atlético, tuve la posibilidad de participar en un proyecto sobre carreras de velocidad, y tras el asesoramiento de mi tutor, el Dr. Carlos A. Cordente Martínez, surgió la idea de llevar a cabo el presente trabajo.

A raíz de observar en gráficas la evolución de la velocidad en diferentes corredores de 100 metros lisos, aparece la curiosidad de investigar por qué dichas gráficas pueden mostrar diferentes patrones de carrera y por qué cada atleta tiene un punto a partir del cual su rendimiento comienza a menguar.

Tras escoger una muestra de datos de tiempos parciales de 100 metros lisos, agruparlos por marcas y realizar un análisis de datos, se observa que pueden existir determinadas estrategias a la hora de correr los 100 metros lisos y que las causas por las cuales los atletas disminuyen su rendimiento en un punto determinado de su carrera pueden deberse a varios factores, dándose una explicación fisiológica tradicional y abriendo la puerta a nuevas corrientes investigadoras, que en un futuro podrían cambiar la tendencia de los entrenamientos y, en consecuencia, de los resultados atléticos en esta disciplina.

1. 1 Justificación y aplicación:

En el presente trabajo se pretenden abordar las siguientes competencias:

Generales:

1. Desarrollar y mostrar en su aplicación una alta capacidad de análisis y síntesis de la información relativa al campo de conocimiento profesional.
2. Gestionar de manera eficaz y eficiente la información procedente de diferentes fuentes integrando sus aspectos mas relevantes para el cumplimiento de los objetivos que se proponen.
3. Transmitir información, nuevas ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
4. Mostrar la capacidad de aprender nuevos conocimientos como profesional de la actividad física.

5. Comprender y manejar la literatura científica en el ámbito de la actividad física y del deporte en lengua inglesa y en otras lenguas de presencia significativa en el ámbito científico y específico de conocimiento.
6. Desarrollar habilidades de comunicación oral y escrita que permitan la adecuada transferencia de conocimiento científico.
7. Manejar y aplicar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) al ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, usando las principales fuentes de información científica disponibles.

Específicas:

1. Aplicar de manera fundamentada y argumentada los principios fisiológicos, biomecánicos, comportamentales y sociales, durante la dirección del entrenamiento deportivo.
2. Identificar y prevenir los riesgos que se derivan para la salud de los deportistas por la práctica de actividades físicas inadecuadas, en el contexto del entrenamiento deportivo.

1.2 Características de la carrera de velocidad:

Las pruebas atléticas de velocidad son disciplinas complejas que dependen de múltiples factores de tipo condicional, toma de decisión y de control del movimiento, cuya importancia variará en función de la duración de la misma.

La carrera es de un tipo particular de locomoción que el hombre realiza para desplazarse de forma veloz, pero en la carrera de velocidad no se trata solo de desplazarse velozmente sino de coordinar todos los aspectos de dicha locomoción de tal manera que logremos recorrer una distancia lo más rápido posible.

En palabras del mítico entrenador italiano de velocidad Carlo Vittori, la carrera es “aparentemente simple y fácil, siendo instintiva cuando se realiza para perseguir un tranvía, se convierte en un gesto complejo y rico, de fina concentración motora y objetivo de sofisticadas especulaciones de la realidad técnico-práctica, cuando se utiliza para desarrollar velocidades mas allá de 12m/s, cerca de 43 km/h. Es cierto que correr no es difícil, aunque difícil es saber correr, ya que esto constituye el presupuesto para correr más velozmente”. (Vittori, Salamanca 2003)

1.2.1 Fases de una prueba de velocidad

En las carreras de velocidad y en concreto en la prueba de 100 metros lisos, que es sobre la que se centra este trabajo, vamos a poder diferenciar cuatro fases en las que se puede dividir esta prueba: puesta en acción, aceleración, máxima velocidad y desaceleración

A continuación, se expone brevemente en que consiste cada una de estas fases y las principales características que las definen, tomado de Arufe y Patiño (2005), Vittori (1995).

- *Puesta en acción*: se trata de la parte de la carrera en la que el corredor despegar de los tacos de salida, tras el disparo realizado por el juez de la prueba, tratando de iniciar la carrera de manera más eficiente y con la mayor velocidad que el corredor pueda alcanzar. Podemos encontrar en ella dos partes bien diferenciadas y consecutivas en el tiempo como son la reacción al disparo y el impulso del corredor sobre los tacos, además de los primeros apoyos de la carrera.

La reacción al disparo va a estar determinada por el tiempo que transcurre entre el estímulo (disparo) y reacción (inicio del impulso en los tacos), lo que tradicionalmente es conocido como el tiempo de reacción del velocista. Este tiempo es determinante en la prueba debido a que establece el marcador para dictaminar una salida como nula o válida.

La duración de esta fase sobre 100 metros va a ser de en torno al 10%, es decir que los 10 primeros metros de carrera estarían determinados por ésta, siendo bajo nuestro punto de vista la fase más compleja a la hora de analizar.

- *Fase de aceleración*: la aceleración se define como el cociente entre los incrementos de velocidad y el tiempo necesario para ello, donde en una carrera de velocidad de 100 metros estaría representado durante los 30 y 50 metros siguientes a la puesta en acción.

- *Fase de máxima velocidad y mantenimiento*: esta fase se trata de la capacidad que tiene un deportista de alcanzar una elevada velocidad de carrera y que esta sea mantenida durante el mayor tiempo posible.

Por otro lado, se considera fase de mantenimiento de velocidad, aquella en la que el corredor emplea en recorrer un tramo de 10 metros en el menor tiempo posible manteniendo esa velocidad ($\pm 0,01$ segundo). Los datos muestran que los atletas profesionales consiguen mantener esta velocidad entre 2,5 y 3,0 segundos. Por el contrario los atletas noveles no mantienen ese esfuerzo más allá de 1,0 a 1,5 segundos.

- *Fase de desaceleración*: se trata de la última fase de la carrera, donde siempre se manifiesta y se trata que sea lo más pequeña posible. Esta pérdida de velocidad suele aparecer en los últimos 20 metros.

Como se desarrollará en este trabajo, existen diferentes causas por las que se produce dicha pérdida de velocidad y trataremos de ver como se puede optimizar el rendimiento en esta última fase, abriendo la puerta a nuevos estudios y nuevas tendencias en el entrenamiento.

1.2.2 Ritmo, amplitud y frecuencia en la carrera de velocidad:

El ritmo y la frecuencia en la carrera de velocidad resultan ser dos aspectos fundamentales para poder conseguir un buen rendimiento en este tipo de pruebas.

Según Vittori (2003), el ritmo se puede definir como la sucesión ordenada de la forma de movimiento y la frecuencia con la que se repiten las diferentes fases. La frecuencia por su parte, se refiere al número de pasos por segundo y está influenciada por el mayor o menor desplazamiento angular que los diferentes segmentos del tren inferior cumplen en la ejecución del paso, es decir su amplitud.

Entre la frecuencia y la amplitud existe una particular conexión, puesto que el aumento de velocidad es producto del aumento de la frecuencia como de la amplitud de los pasos, con una progresiva reducción del tiempo de apoyo.

Para un buen desarrollo y una correcta optimización atlética de la prueba, es necesario atender a como incide la evolución de la amplitud y la frecuencia de paso sobre la velocidad, ya que permitirá establecer métodos y estrategias que harán al atleta afrontar con mayores garantías el transcurso de la prueba.

Por otro lado, en este apartado es necesario mencionar la estrategia en la carrera de velocidad, puesto que tanto el ritmo como la frecuencia van a estar relacionados con ella a la hora de poder determinar una distribución del esfuerzo que optimice las posibilidades del atleta.

Para Bonomi (2005), la distribución del esfuerzo en las carreras de velocidad ofrece la posibilidad de comprender, ya en la fase de preparación, las tendencias que los atletas manifiestan en la distribución del ritmo y de la velocidad de carrera y permite verificar las mejoras obtenidas, en comportamientos insensatos en carrera a causa de la incapacidad de gestionar eficazmente el indispensable estado de excitación.

1.3 Antecedentes del estudio:

El estudio de la estrategia en la carrera de los 100 metros lisos con el fin de hacer más eficientes a los corredores para que aprovechen mejor sus recursos energéticos no es un tema muy abordado en la literatura especializada, cuanto menos en la científica. Sin embargo, sí es cierto que la literatura científica trata estas cuestiones de forma aislada, es decir, considerando la fisiología y la cinética de carrera por vías separadas.

1.4 Estado actual de conocimientos

Actualmente hay abiertas varias vías de estudio sobre la carrera de los 100 metros lisos que, a falta de publicación, pretenden aportar al entrenador una visión científica de la carrera que suponga un feedback objetivo e inmediato gracias a las técnicas de medición láser. Esperamos que de estos estudios se puedan extraer las conclusiones necesarias para incidir de una manera más localizada a la hora de establecer estrategias tanto para el entrenamiento como en el desarrollo de las propias carreras velocidad y, con ello, contribuir a optimizar el rendimiento de los atletas.

Como la característica principal que define la prueba de los 100 metros lisos es su alta intensidad y su corta duración, se puede clasificar como una prueba de esfuerzo máximo. Teniendo en cuenta estas características, se asume que los requerimientos energéticos que tienen los atletas durante la prueba son altos y que se deben poner a disposición del organismo en un periodo corto de tiempo, entre 10 a 12-13 segundos.

Esto nos lleva a pensar, que el aporte energético que va a cubrir esta demanda se realizará predominantemente mediante el sistema de los fosfágenos y esto fue precisamente lo que encontraron Gaitanos et al. (1993). Sin embargo, basándonos en la evidencia científica de los últimos años, podemos observar como el aporte del resto de sistemas energéticos es más elevado de lo que se pensaba llegando por ejemplo el sistema aeróbico a suponer un 17% del aporte energético durante una carrera de 100 metros (Parolin, 1999; Duffield, Dawson, Goodman, 2004)

Una vez conocidos los diferentes mecanismos de aporte energético que participan en el metabolismo de los atletas durante la carrera de 100m, es conveniente estudiar el umbral aláctico-láctico de estos deportistas, para determinar el punto fisiológico en el que la fatiga muscular comienza a comprometer el rendimiento del atleta.

Son muchos los deportes donde hay esfuerzos de alta intensidad y de corta duración donde hay una clara participación de los fosfágenos como fuente energética. Esto ocurre, como ya hemos visto en la prueba de 100 metros lisos, donde si el atleta tiene un umbral aláctico-láctico muy bajo, le será imposible mantener la intensidad requerida debido a los problemas coordinativos (y consecuentemente técnicos) ocasionados por la acumulación de fatiga muscular.

Por otro lado, en la medida que el umbral aláctico-láctico aumenta, se retrasará más la aparición de altas concentraciones de lactato en sangre durante la carrera gracias a un uso más prolongado de los fosfágenos como fuente energética principal y el atleta conseguirá retrasar su entrada en la fase de pérdida de velocidad (Hirvonen et al., 1987).

Díaz Peña et al. (2012) realizaron analizaron a 9 atletas especialistas en 100 metros lisos y 110 metros vallas y determinaron que el umbral aláctico-láctico se produce entre los 30 y los 40 metros para las mujeres y de 40 a 60 metros en los hombres. Los tiempos de duración del metabolismo de los fosfágenos fueron 4,13 segundos en las mujeres y 4,76 segundos en los hombres con el pico de velocidad en torno a los 60 metros para ambos sexos.

Por otro lado, y a continuación de la explicación fisiológica como una de las causas por las que se produce el deterioro del rendimiento a lo largo de una carrera de 100 metros lisos, encontramos que Noakes et al. (2001), donde exponen una visión completamente diferente acerca del consumo de recursos durante esfuerzos máximos. Dichos autores cuestionan la vía fisiológica como el principal causante de la fatiga y proponen las vías neuronales como las responsables de una “fatiga central”. Estas vías neuronales serían las que mantendrían la reserva muscular durante el ejercicio en previsión de daños musculares mayores.

Noakes et al (2001), argumenta que el cerebro y las citadas vías neuronales serán los principales reguladores de la locomoción para asegurar que la capacidad muscular máxima nunca sea utilizada bajo demandas voluntarias sino bajo demandas artificiales o provocadas, al igual que ocurre con la fuerza, que está controlada por mecanismos eferentes.

Los cambios que se observaron tras el estudio que realizaron, indican que la fatiga podría no ser una causa fisiológica, si no más bien una manifestación sensorial de estos procesos de regulación neural.

Por su parte, y siguiendo la teoría que proponen Noakes et al. (2001), siendo el sistema nervioso central el principal causante de la fatiga, encontramos al entrenador de velocidad italiano Bonomi (2005) que, hablando sobre la resistencia a la velocidad, argumenta que se

ha cometido un grave error creyendo que las mejoras del entrenamiento se producen a nivel muscular ya que el músculo es el encargado de generar y mantener el movimiento, siempre y cuando esté estimulado de una manera adecuada por el sistema nervioso central. Además afirma que es en el sistema nervioso central donde se evidencian los mayores efectos a la hora de mantener durante largo tiempo esfuerzos intensos.

Se puede entonces resumir que el entrenamiento de la resistencia a la velocidad debe “educar” al sistema nervioso central para que permita una mejor estimulación muscular que aumente la autonomía de trabajo de este tejido.

Bonomi (2005), habla de que la capacidad láctica tiene el objetivo de estimular la voluntad psíquica para permitir a los músculos una mayor acumulación de lactato, y la limitación para mantener velocidades aceptables en los 100 metros no va a depender de la concentración de lactato que tengan los músculos.

Este entrenador aclara de una manera bastante sencilla los cambios que propone Noakes et al. (2001), y mediante su experiencia, podemos afirmar que efectivamente es el cerebro el principal causante de fatiga en una carrera de 100 metros.

Por otro lado, este mismo autor, trata la distribución del esfuerzo en la carrera, es decir, apoya nuestra teoría de establecer una estrategia a la hora de enfrentarse a los 100 metros lisos. Además, dice que mediante la estrategia de la distribución del esfuerzo en las carreras de velocidad se ofrece la posibilidad de entender mucho mejor las predisposiciones que los atletas tienen en cuanto a la distribución del ritmo y de la velocidad de carrera, y permite comprobar las mejoras obtenidas debido a la correcta gestión de la carrera.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

A la vista de la caída de velocidad en la parte final de la carrera, creemos que es posible optimizar el rendimiento mediante el desarrollo de una estrategia adecuada.

Objetivo 1

Realizar un análisis de la cinética de carrera en grupos de distinto nivel atlético para comprobar si su comportamiento en carrera es diferente más allá de la diferencia de rendimiento.

Objetivo 2

Comprobar y proponer, si cabe, cuales pueden ser las vías estratégicas de optimización del rendimiento en la carrera de 100 metro lisos.

3. MUESTRA, MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Método utilizado en la revisión bibliográfica

La revisión de bibliografía que se ha realizado para obtener la información necesaria para el desarrollo del trabajo han sido:

1. Revisión en bibliotecas

- Biblioteca de la Universidad Politécnica de Madrid (INEF)
- Biblioteca de la Escuela Nacional de Entrenadores de Atletismo.

2. Revisión de bases de datos

- Se ha utilizado mediante la UPM el buscador INGENIO, que permite localizar información en las siguientes bases de datos:
 - Academic Search Premier (EBSCO)
 - ERIC (EBSCO)
 - ISCO- Humanidades y Ciencias Sociales (CSIC)
 - PubMed
 - SPORTDiscus
 - Web of Science
 - ScienceDirect- Journals – V.4 (Elsevier)
 - Pascal
 - SciELO – Scientific Electronic Library Online
- Google académico.
- Buscador de la RFEA-ENE “La ventana del entrenador”.

3. Las palabras clave utilizadas para obtener la información fueron:

- Biomechanics speed
- Kinetic speed
- Lactate threshold
- Physiology speed
- Speed endurance
- Sprint

A partir de esta búsqueda se agruparon los artículos, se ordenó la información y se procedió a la lectura de los artículos más relevantes. Además, se utilizaron para las citas las normas APA de la 6ª edición.

3.2 Muestra utilizada

La muestra utilizada para el objeto de estudio estuvo determinada por la localización de datos por tiempos parciales de cada 10 metros en una carrera de 100 metros, ya que no fue fácil la búsqueda de este tipo de datos tan concretos. Finalmente, la muestra fue de 21 atletas pertenecientes a los últimos 30 años, entre los cuales se encuentran el actual plusmarquista mundial Usain Bolt, otros pasados como Carl Lewis o Assafa Powell, y otros atletas que van desde el más alto nivel hasta un nivel atlético que podríamos considerar regional.

También se utilizaron datos recogidos mediante técnicas de medición laser en un atleta del C.A.R de Madrid.

Una vez obtenidos los tiempos parciales de diferentes atletas, se clasificaron en grupos según su nivel y se analizaron los diferentes datos obtenidos.

3.3 Tratamiento de datos

Todos los datos obtenidos fueron clasificados, graficados y tratados mediante la utilización de una hoja de cálculo Microsoft Excel 2010 especialmente diseñada para tal efecto.

Es importante señalar que con el fin de eliminar factores que pudieran suponer algún tipo de confusión dentro del análisis de los datos, se obviaron los tiempos de reacción.

También debemos señalar que se llevaron a cabo un ajuste en los datos aportados por Floría y Ferro (2011), puesto que se detectó un error sistemático que alteraba notablemente el resultado del grupo en el que estaban incluidos esos datos.

Los resultados del trabajo se obtuvieron mediante la comparación de los diferentes grupos que estaban divididos según los tiempos totales de los atletas de los que disponíamos todos los datos, quedando por tanto 5 grupos para dicha comparación

- Grupo 1: sub 9.80s;
- Grupo 2: 9.80 a 9.89s;
- Grupo 3: 9.90 a 9.99s;
- Grupo 4: 10.00 a 10.19s;
- Grupo 5: >10''19s.

El procedimiento que se llevó a cabo para el análisis, fue la realización y comparación de gráficas para cada grupo dividiendo la carrera según los tramos siguientes:

- 10 a 30 metros para la observación de la fase más aguda de aceleración,
- 30 a 80 metros para la observación del final de la fase de aceleración y la fase de velocidad máxima y
- 80 a 100 metros para la fase de desaceleración.

Posteriormente, también se realizaron gráficas comparativas con los tiempos medios de cada grupo por cada sector de 10 metros.

Todos los datos con los que se ha trabajado en el presente estudio se pueden consultar en el anexo.

4. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados y la descripción del análisis que se ha llevado a cabo para comprobar si existe una estrategia de cara a afrontar la carrera de los 100 metros lisos.

4.1 Descripción de las gráficas por sectores de 10 a 30 metros:

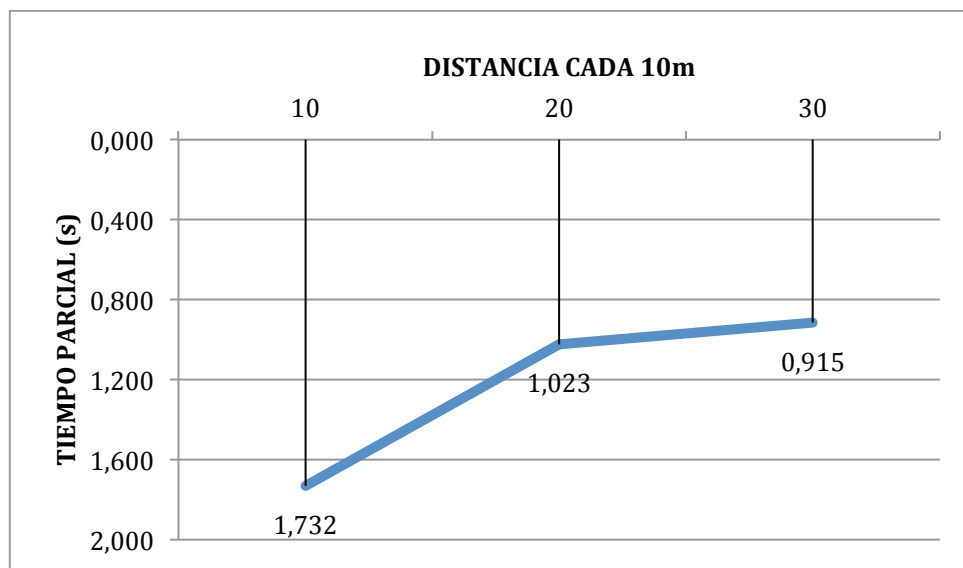


Figura 1: tiempos parciales medios de 10 a 30 metros pertenecientes al grupo 1

El análisis de esta gráfica lo realizaremos de manera individual, puesto que a pesar de seguir una tendencia común al resto, se trata del grupo más rápido donde se encuentran los atletas más veloces, entre ellos el record del mundo de Usain Bolt, y se considerarán como referencia para las gráficas del resto de grupos.

En esta gráfica representa la curva de aceleración por sectores de 10 metros del grupo 1, con un total de 5 atletas de varias generaciones corriendo en un tiempo medio final por debajo de 9'80s. Podemos observar como estos atletas desarrollan una fuerte aceleración entre los metros 10 y 20 y que dicha aceleración continua hasta el metro 30 con una tendencia más suave aunque claramente en aumento.

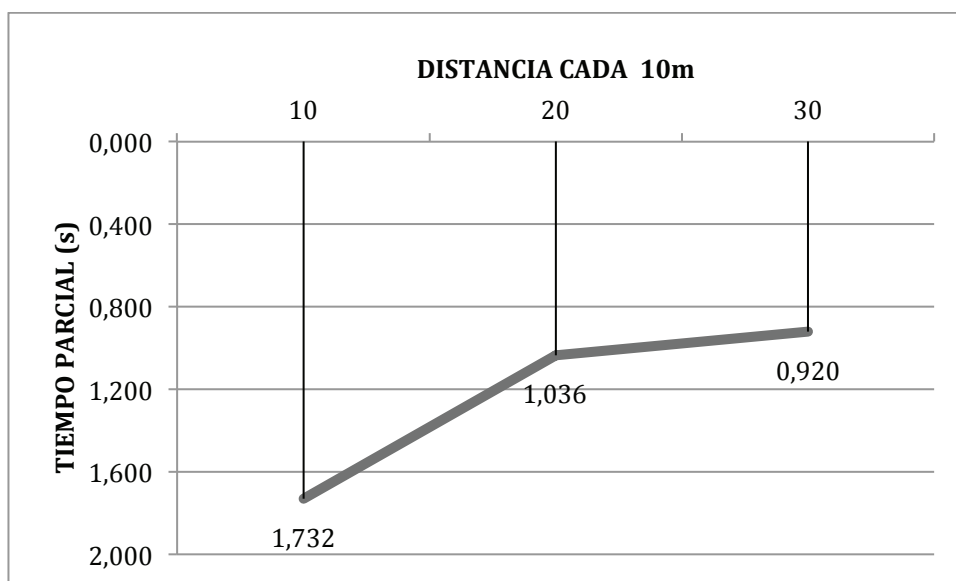


Figura 2: tiempos parciales medios de 10 a 30 metros pertenecientes al grupo 2

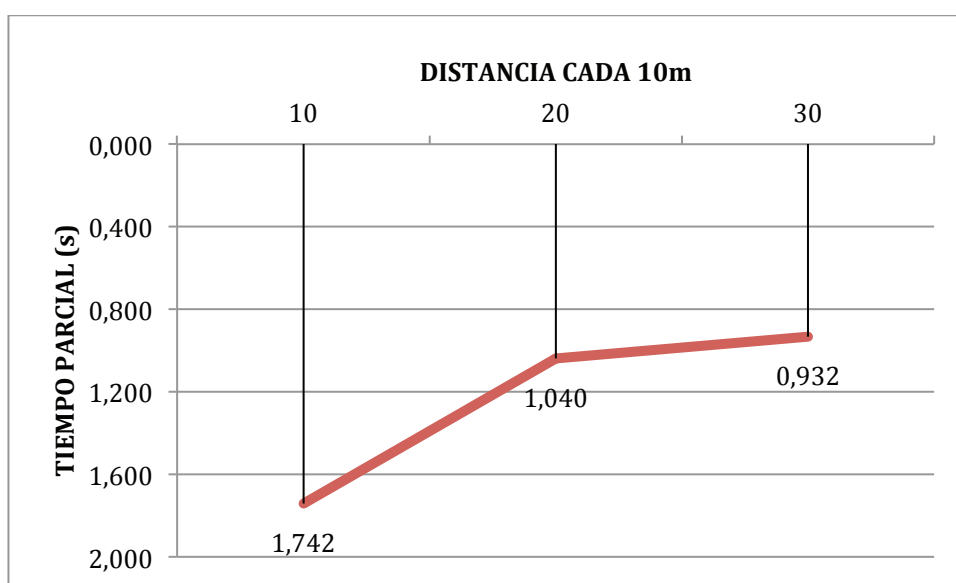


Figura 3: tiempos parciales medios de 10 a 30 metros pertenecientes al grupo 3

A continuación se analizan las gráficas de los grupos 2 y 3 de manera conjunta puesto que ambos tienen una tendencia idéntica y por tanto su análisis es muy similar. Recordamos que la gráfica del grupo 2 corresponde a los atletas cuya marca se encuentra en el rango 9.80-9.89s y la del grupo 3 a los atletas que corren en 9.90-9.99s.

Como se puede observar, ambas gráficas son similares teniendo una fuerte aceleración del metro 10 al 20 y aumentando dicha aceleración de forma progresiva hasta el metro 30. Si

recurrirnos a los datos, observamos que la diferencia del sector en estos dos grupos es apenas de milésimas de segundo por lo que las diferencias entre estos dos grupos se producirán en los siguientes sectores de la carrera como comprobaremos más adelante.

Si hacemos una comparación con respecto a la gráfica del grupo 1, observamos que se produce una diferencia importante en el segundo tramo de 10m (1,023s vs 1,036s vs 1,040s) aunque esto no tenga un reflejo importante en las gráficas que resultan prácticamente idénticas a simple vista.

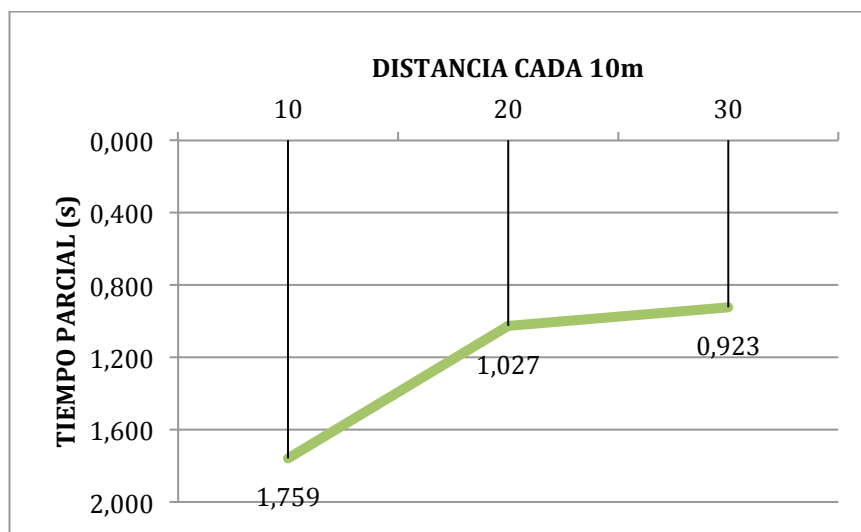


Figura 4: tiempos parciales medios de 10 a 30 metros pertenecientes al grupo 4

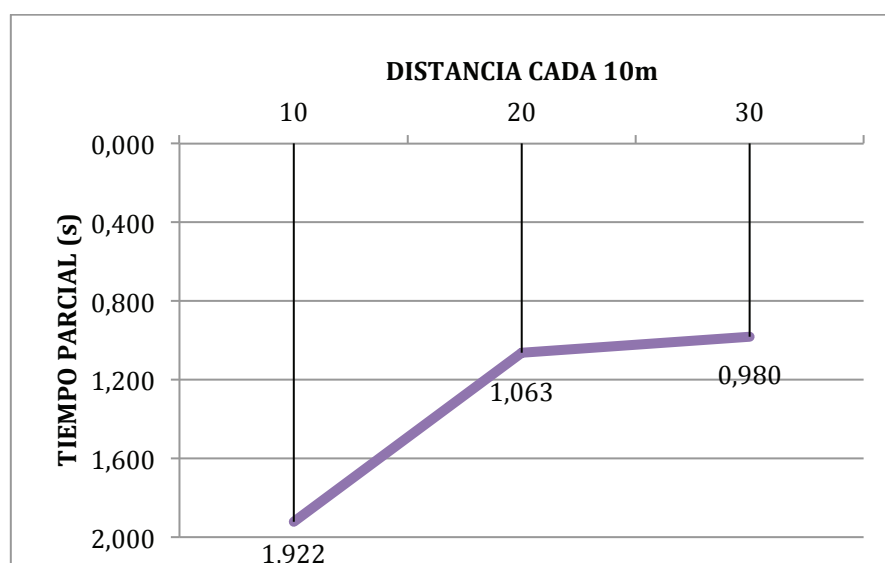


Figura 5: tiempos parciales medios de 10 a 30 metros pertenecientes al grupo 5

Estas gráficas corresponden a los grupos 4 y 5 con unos tiempos medios de entre 10.00-10.19s para la primera y >10'19s para la segunda. En estos dos grupos sí se aprecian diferencias importantes en comparación con el resto de grupos. A pesar de que la tendencia de la gráfica es idéntica en todos, con una fuerte aceleración en el sector de 10 a 20m y una progresión de la misma en el siguiente sector, en estos dos últimos grupos se observa como la progresión de la aceleración entre los 20 y 30 metros tiende más a la horizontal lo que indica que en los grupos más lentos la aceleración tiende a atenuarse de forma prematura si los comparamos con los grupos más rápidos.

4. 2 Descripción de las gráficas por sectores de 30 a 80 metros:

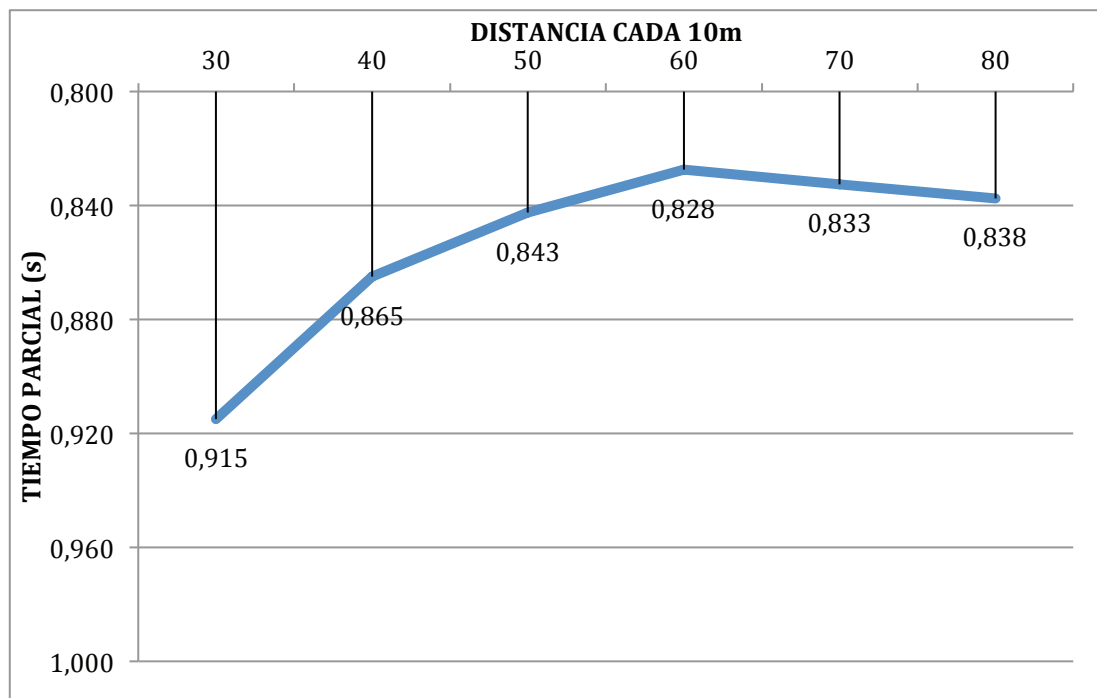


Figura 6: tiempos parciales medios de 30 a 80 metros pertenecientes al grupo 1

El gráfico 6 muestra la curva de aceleración de la carrera correspondiente entre 30 y 80 metros. Dicha gráfica muestra una curva con un crecimiento exponencial hasta el metro 60 donde comienza a caer. El crecimiento de la grafica hasta ese punto muestra la aceleración que tiene el grupo de atletas por sectores, alcanzando el punto de máxima velocidad en torno al metro 60 produciéndose a partir de ese momento una deceleración progresiva provocada por diferentes factores que estudiaremos más adelante.

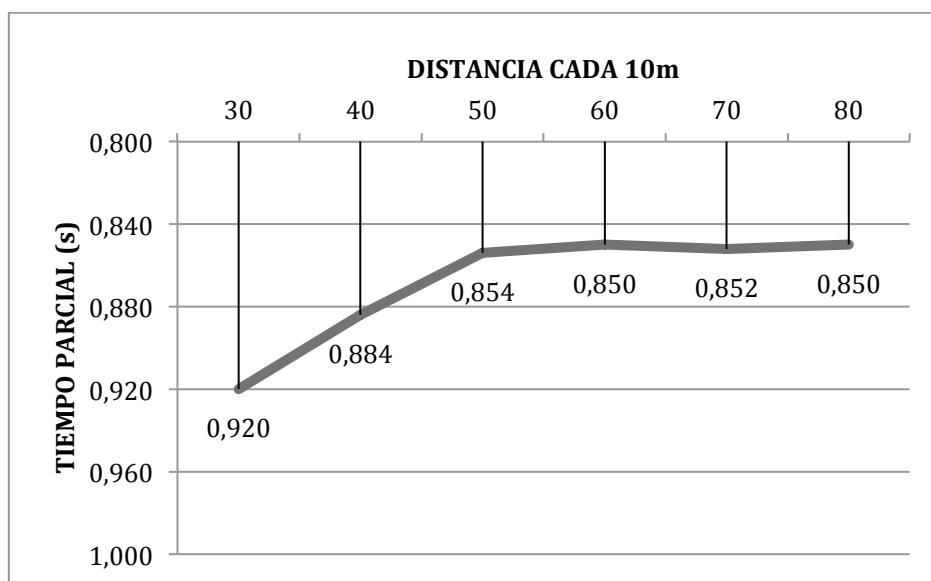


Figura 7: tiempos parciales medios de 30 a 80 metros pertenecientes al grupo 2

La gráfica que representa a este grupo en estos sectores la hemos querido analizar y describir de manera individualizada por que presenta características que no son comunes al resto.

Como se puede observar la gráfica muestra un aceleración muy brusca hasta el metro 50. Desde ese punto comienzan a verse oscilaciones de velocidad, no habituales, alcanzando la velocidad máxima en torno al metro 60, quedándose cerca de volver alcanzarla de nuevo en el metro 80. Esto es un tanto anómalo, puesto que no es normal que los corredores en estos tramos de carrera puedan acelerar y perder velocidad de una manera tan visible.

Intuimos que dichas oscilaciones son debidas a la inclusión en este grupo del peculiar atleta americano Carl Lewis. Este corredor tiene un tiempo de reacción y de salida muy lento pero es capaz de mantener su aceleración de una manera progresiva hasta el metro 80. La exclusión temporal de este atleta provocó la normalización de la gráfica, hecho que confirmó nuestras sospechas.

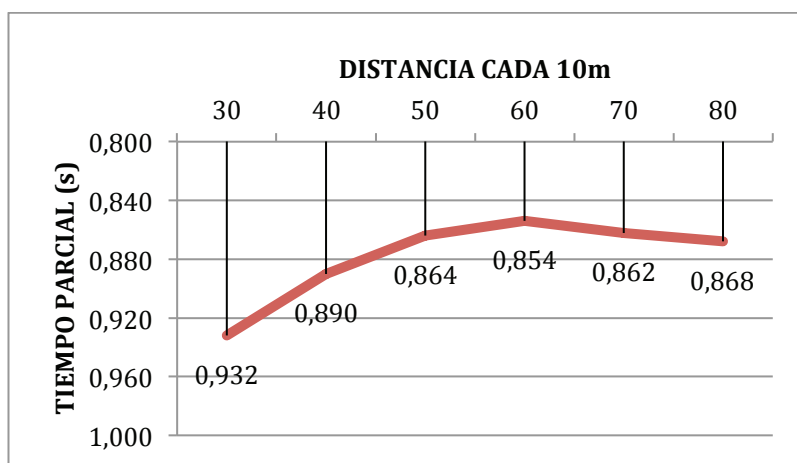


Figura 8: tiempos parciales medios de 30 a 80 metros pertenecientes al grupo 3

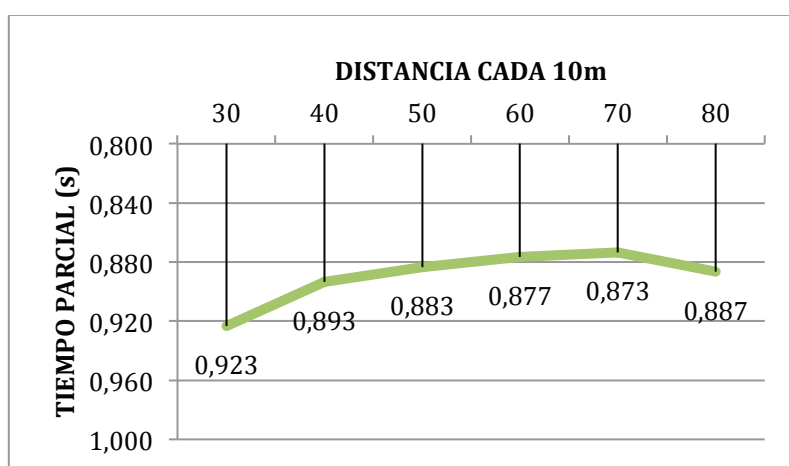


Figura 9: tiempos parciales medios de 30 a 80 metros pertenecientes al grupo 4

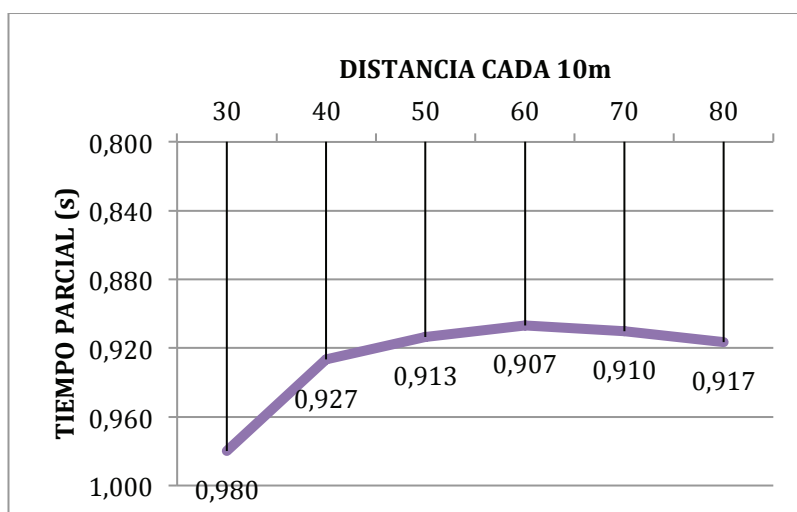


Figura 10: tiempos parciales medios de 30 a 80 metros pertenecientes al grupo 5

En las gráficas podemos observar una tendencia y un patrón de carrera común en los tres grupos que se analizan. En todas aparece un crecimiento exponencial hasta un punto máximo donde a partir del cual se produce un decrecimiento progresivo provocado por la pérdida de velocidad.

Se puede apreciar como en el grupo 4 se produce una aceleración mucho más moderada y se alcanza la velocidad máxima más tarde (en torno al metro 70) que en los demás grupos. En cambio, los otros dos, alcanzan la velocidad máxima antes (en torno al metro 60) y se produce un crecimiento hasta ese punto mucho más brusco. Además, observamos como en el grupo 5 hay un crecimiento abrupto hasta el metro 40 y, a partir de ahí la tendencia de la gráfica a la horizontal es mayor que en el resto de grupos.

Por otro lado, resulta curioso observar cómo en los 3 grupos con los corredores más lentos el tiempo parcial a los 50 metros es mejor que en el metro 80, sucediendo lo contrario con los 2 grupos más rápidos, lo que consideramos un hecho indicativo de la entrada precoz en la fase de deceleración de los grupos más lentos.

4.3 Descripción de las gráficas por sectores de 80 a 100 metros:

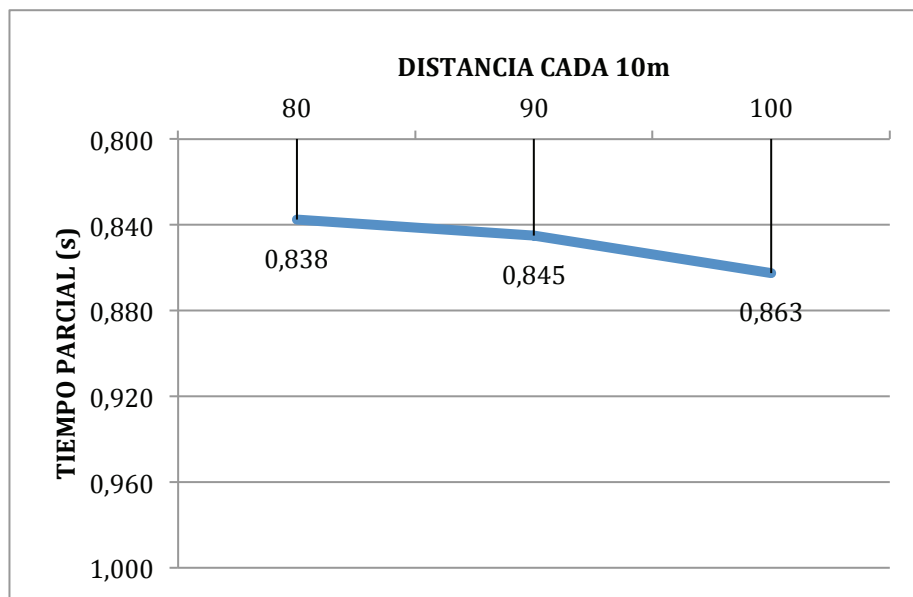


Figura 11: tiempos parciales medios de 80 a 100 metros pertenecientes al grupo 1

En esta gráfica podemos observar como la pérdida de velocidad que se produce en los metros finales de la carrera se acentúa cada vez más a pesar de la posibilidad que tiene el atleta de “tirarse a la línea de meta” en el último tramo. Esto que puede deberse a diversas causas como expondremos posteriormente en este trabajo.

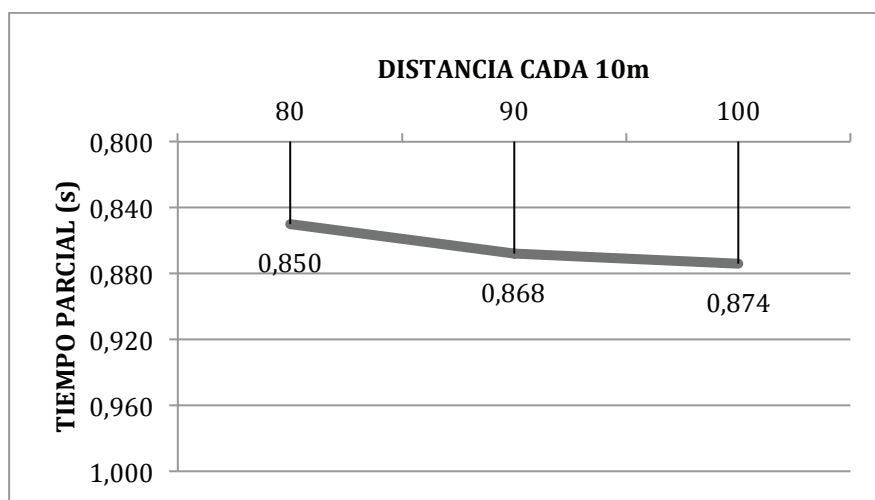


Figura 12: tiempos parciales medios de 80 a 100 metros pertenecientes al grupo 2

Como comentamos anteriormente, el grupo 2 presenta unas características peculiares debido a la presencia en este grupo de Carl Lewis. En este caso, observamos como la pérdida de velocidad se produce de una manera diferente al grupo anterior, muy brusca del metro 80 al 90 y luego atenuada en los 10 últimos metros.

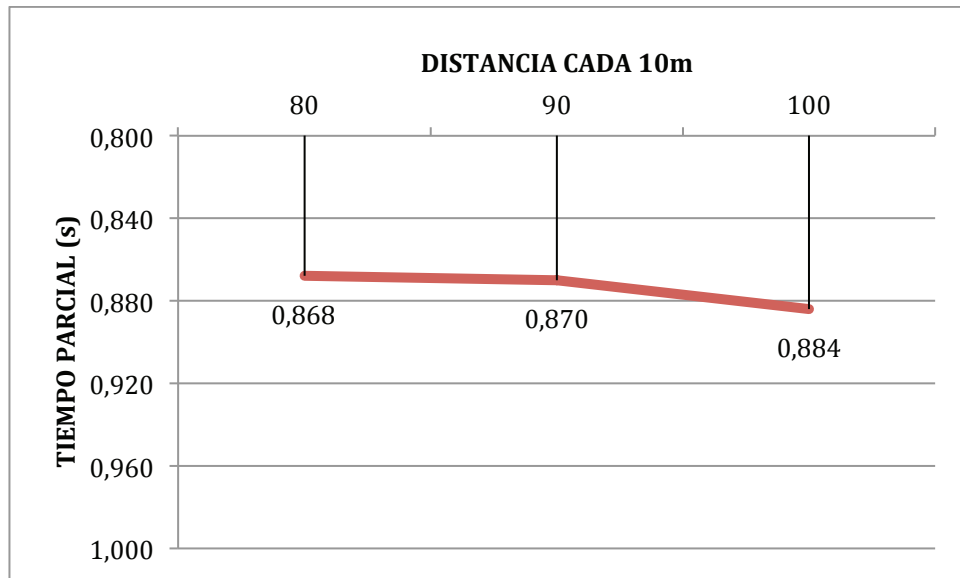


Figura 13: tiempos parciales medios de 80 a 100 metros pertenecientes al grupo 3

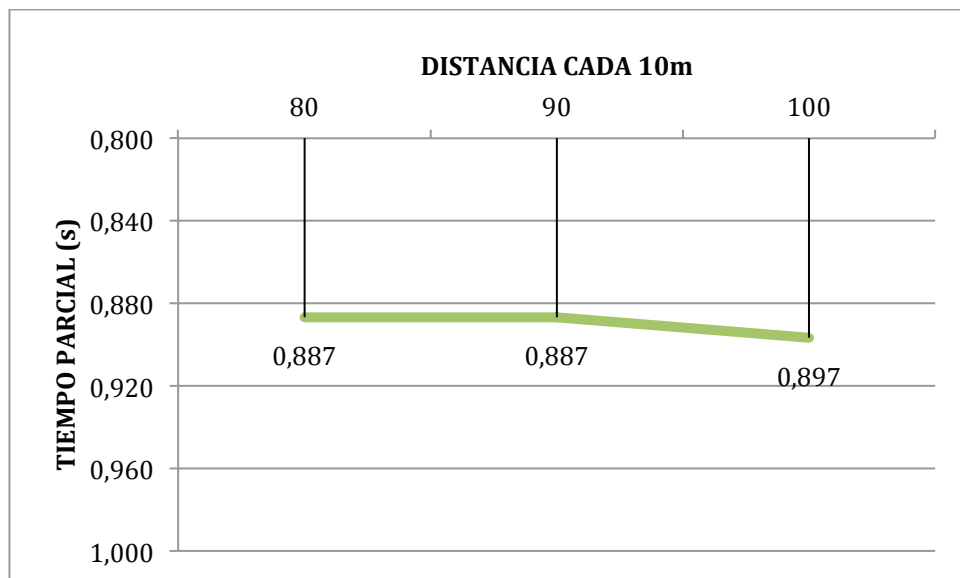


Figura 14: tiempos parciales medios de 80 a 100 metros pertenecientes al grupo 4

En las gráficas 13 y 14 se observa cierta tendencia a mantener la velocidad entre los metros 80 y 90 para a continuación tener una caída brusca en los 10 últimos metros. Es importante señalar que, a pesar de observarse gráficas similares, la correspondencia en tiempos es obviamente muy diferente de un grupo a otro, de ahí las diferencias en el tiempo final.

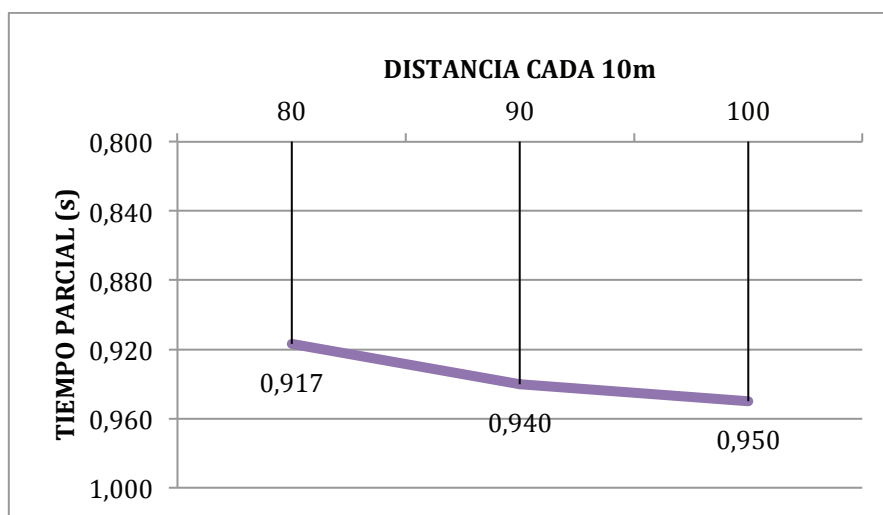


Figura 15: tiempos parciales medios de 80 a 100 metros pertenecientes al grupo 5

Como se puede observar en el gráfico 15, la pérdida de velocidad que se produce en el grupo más lento es muy pronunciada sobre todo en el sector de los 80 a 90 metros, donde pierden más de 30 milésimas de segundo respecto del tramo anterior. A pesar de esto, en el último sector la pérdida no es tan notoria y tiende al aplanamiento, sin duda, debido a que los atletas se “tiran” habilidosamente hacia la meta en los últimos apoyos de la carrera.

En base a lo señalado por diversos entrenadores de renombre (Vittori 2003, Bonomi 2005, Ontanon, 2013), la brusca pérdida de velocidad en los grupos más lentos puede deberse a una mala gestión de la carrera respecto de los recursos energéticos propios que provoca un agotamiento prematuro de los mismos. Es por ello un aspecto importante a tener en cuenta en el entrenamiento, con el fin de determinar de qué manera se puede retrasar y atenuar la natural aparición de esa pérdida de velocidad.

A la vista de todos los resultados expuestos hasta el momento, aunque existen diferencias en los tiempos de los diferentes sectores en los distintos grupos, parece observarse como todos ellos tienen una cinética de la velocidad similar con cierta tendencia a que las diferentes gráficas sean paralelas entre sí, lo cual sería lo esperable pero ¿es esto realmente así?

Necesitamos profundizar en el análisis para comprobarlo. Para ello, compararemos todos los grupos tramo a tramo.

4. 4 Análisis y descripción de gráficas de la media de tiempos por sectores:

A continuación se realizará un estudio de las gráficas resultantes de analizar los tiempos medios por parciales de cada grupo, donde se podrá observar la tendencia resultante entre los grupos rápidos y lentos, y donde se irán viendo las diferencias entre ellos a la vez que trataremos de analizar los motivos de dichas diferencias.

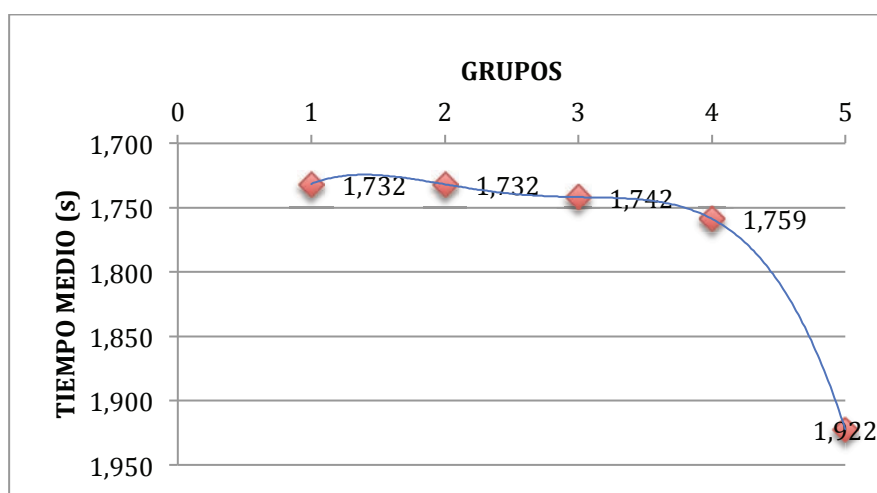


Figura 16: tiempos medios de los diferentes grupos a los 10 metros

Antes de comentar los resultados correspondientes al tiempo de carrera en los primeros 10 metros, es conveniente recordar que, con el fin de hacer comparables los datos tanto entre individuos como entre grupos, sólo se tuvo en cuenta la parte motora de la salida anulándose la velocidad de reacción al disparo del juez de salida.

Como se puede observar en esta primera gráfica, ya se producen diferencias entre los distintos grupos. Se muestra una tendencia lineal al decrecimiento de la velocidad media a medida que los tiempos finales de los corredores son más lentos. Además la diferencia que se produce entre el grupo 5 y el resto es importante, ya que la gráfica en ese punto muestra una fuerte caída (señalemos que el grupo 5 es el más heterogéneo con atletas cuyas marcas oscilan entre 10,20 y 11,17s).

Estos resultados son por tanto congruentes con lo esperable, con 4 grupos progresivamente más lentos entre los que el rendimiento sobre 10 metros se concentra en 27 milésimas de segundo y el grupo 5, sensiblemente más lento, con una diferencia de 190 milésimas de segundo respecto al grupo 1 y 163 milésimas de segundo respecto al grupo 4.

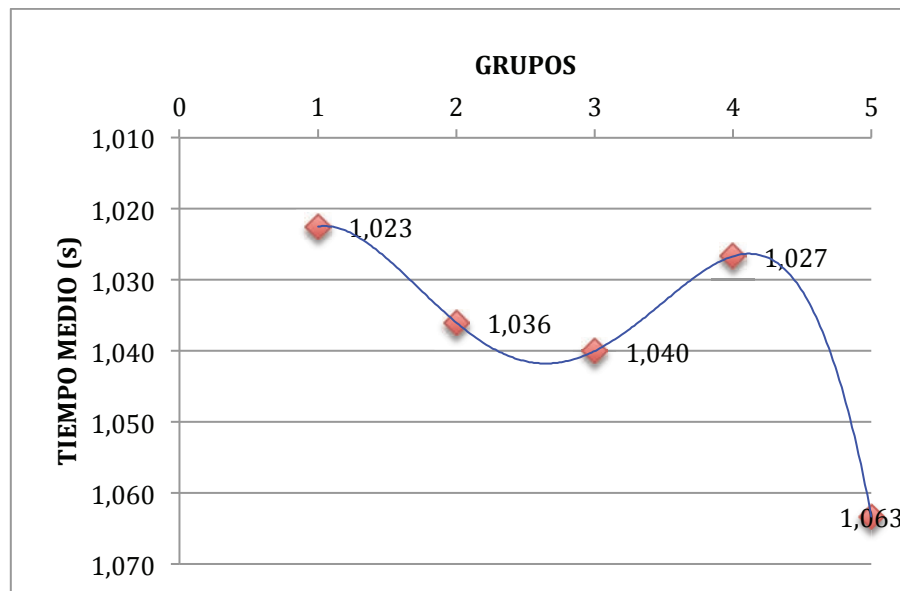


Figura 17: tiempos medios de los diferentes grupos a los 20 metros

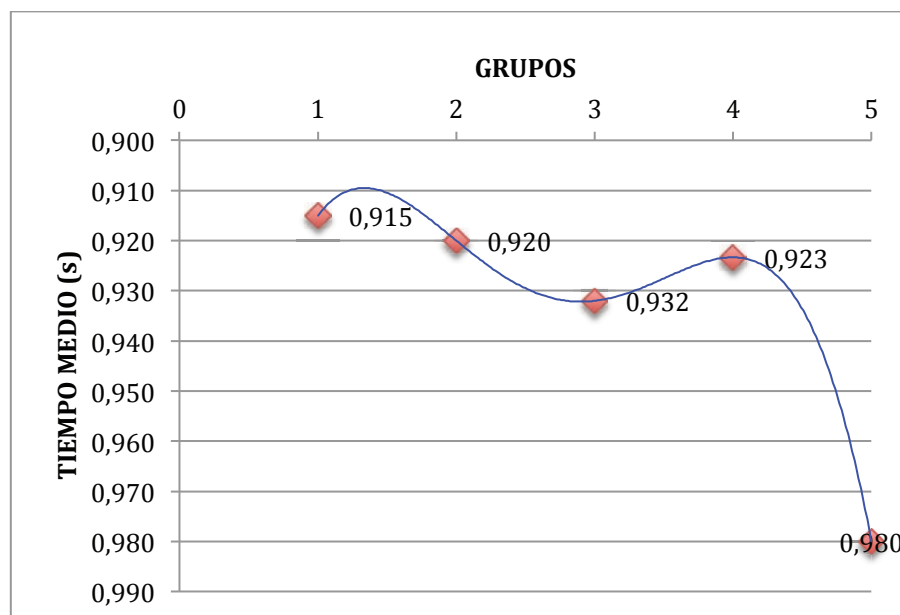


Figura 18: tiempos medios de los diferentes grupos a los 30 metros

El estudio de estas gráficas resulta muy revelador para el trabajo, como se verá en la discusión, puesto que reflejan una fuerte oscilación de los tiempos medios en estos tramos que nada tiene que ver con lo esperado, puesto que ambas gráficas tienen una tendencia completamente diferente al resto.

Lo que se observa en ellas es que, dejando de lado al grupo 5, los grupos más lentos tienen pocas diferencias con los rápidos llegando incluso el grupo 4 a conseguir tiempos similares a los del grupo 1 y mejores que los del grupo 2 y 3 a los 20 metros que el grupo 3 a los 30 metros.

Por otro lado, resulta llamativo como el grupo 3 es tan “lento” en este tramo. Esto puede deberse nuevamente a que a este grupo pertenece Carl Lewis, un corredor cuyas características ya se han mencionado con anterioridad y que, al ser tan lento en los primeros tramos de la carrera, hace que la gráfica refleje esa oscilación.

Vistas las gráficas del resto de tramos de la carrera volveremos sobre esta cuestión para analizarla con mayor profundidad.

El hecho de que los grupos lentos corran casi más que los rápidos, determina una estrategia de carrera diferente, puesto que si los lentos corren a la misma velocidad que los rápidos en ese punto, no se entiende por que hay una diferencia tan grande en el tiempo final.

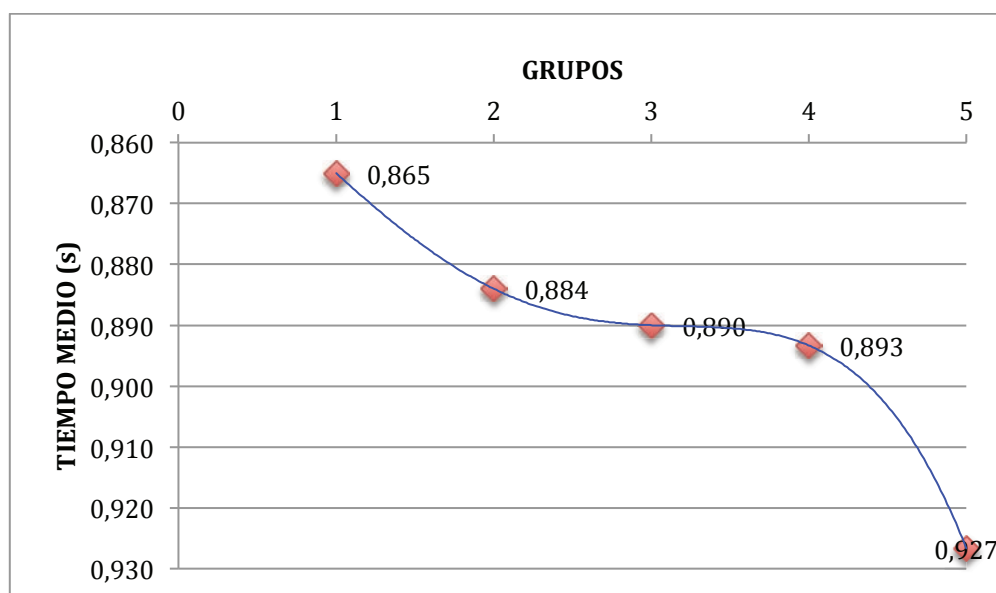


Figura 19: tiempos medios de los diferentes grupos a los 40 metros

Como se puede observar, la gráfica 19 se va normalizando respecto a lo esperado con un grupo 1 sensiblemente más rápido que los demás (0,019s más rápido que el grupo 2) y con una caída progresiva de la velocidad en el resto de grupos coherente con el diferente nivel atlético de los mismos. Aún así, la diferencia entre los grupos centrales es escasa ya que se concentra en 0,009s; por otro lado se observa claramente un mayor contraste entre el grupo rápido y el lento, con una diferencia de 0,062s en este sector.

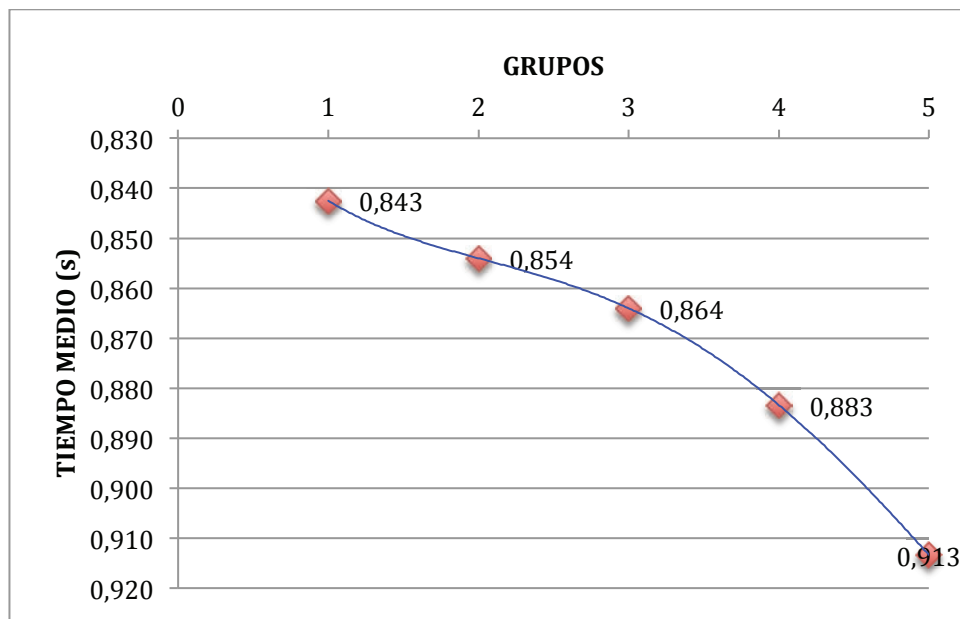


Figura 20: tiempos medios de los diferentes grupos a los 50 metros

Podemos observar en esta gráfica como la tendencia lineal de la caída de velocidad entre los diferentes grupos se hace cada vez más patente a medida que avanza la carrera. Las diferencias entre los grupos van siendo cada vez mayores y progresivas, salvo las excepciones que veremos a continuación.

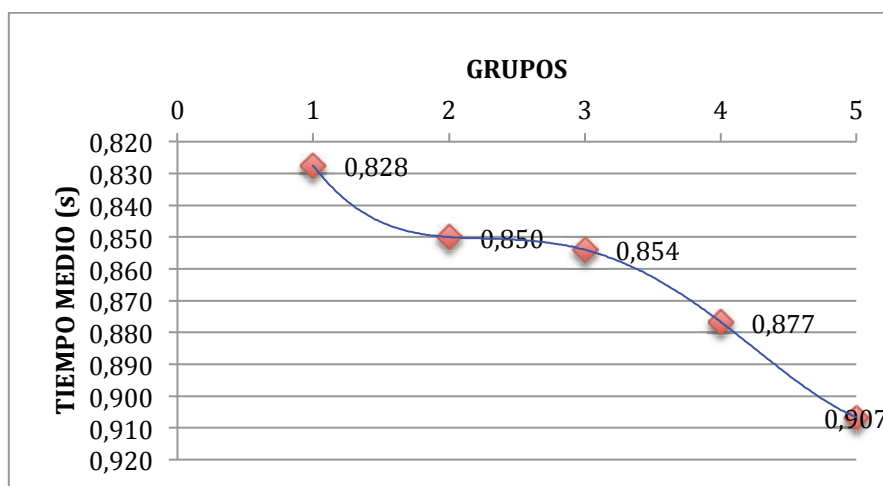


Figura 21: tiempos medios de los diferentes grupos a los 60 metros

En la gráfica 21 se observa como vuelve a haber una pequeña oscilación, a causa de la mejora en el tiempo parcial del grupo 3. Este grupo rompe la tendencia a la linealidad que se comentaba anteriormente logrando un valor medio de velocidad en este tramo muy cercano al del grupo 2. Esta mejora del parcial se debe a la presencia en este grupo del corredor Carl Lewis, cuya peculiaridad es que consigue llevar su aceleración más lejos que cualquier otro corredor rompiendo con la tipología de carrera que siguen el resto de corredores de ahí las oscilaciones de las gráficas. Debemos señalar hemos comprobado la tendencia a la caída lineal de esta gráfica al retirar a Carl Lewis de la muestra del grupo 3.

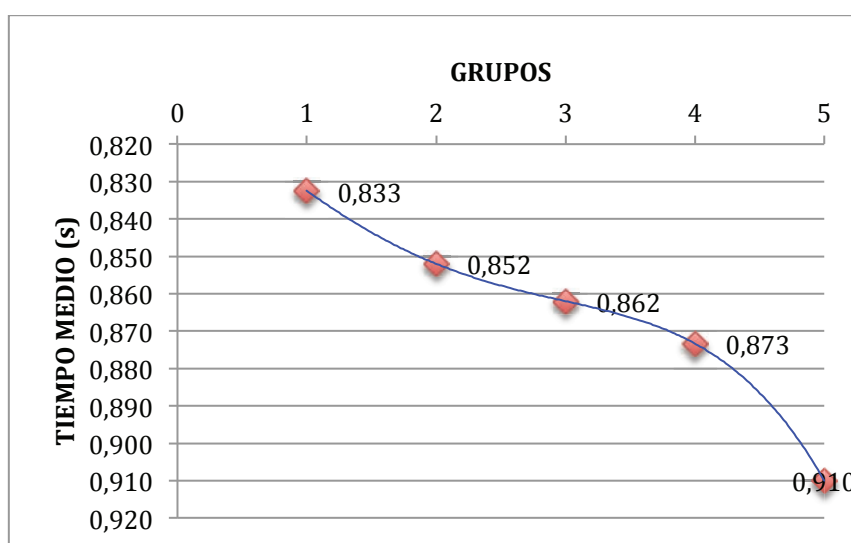


Figura 22: tiempos medios de los diferentes grupos a los 70 metros

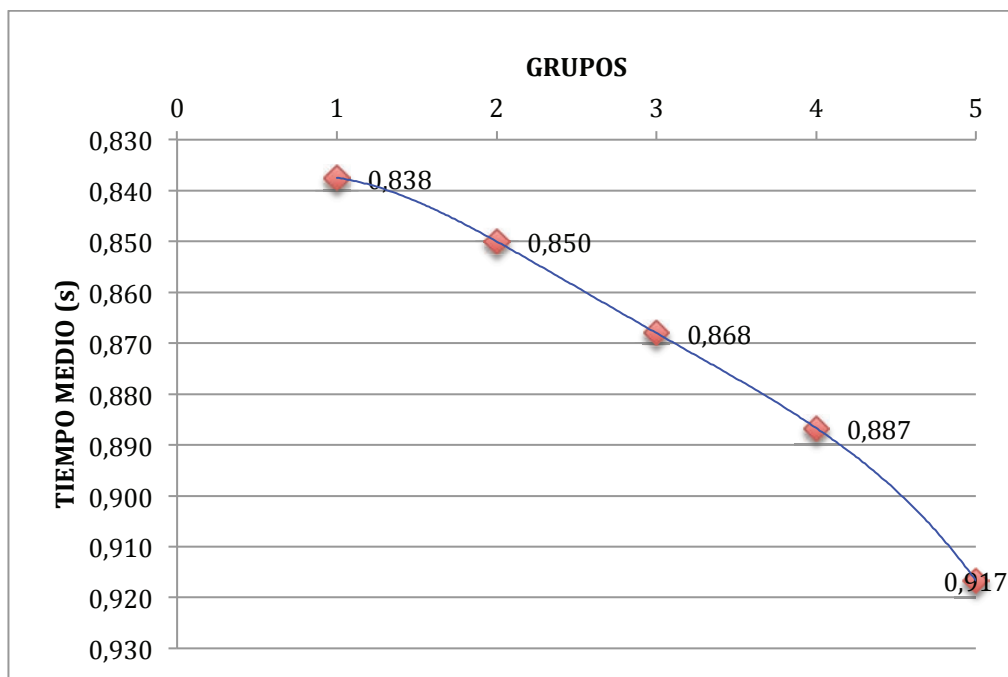


Figura 23: tiempos medios de los diferentes grupos a los 80 metros

Como podemos observar las gráficas correspondientes los sectores de 70 y 80m, la tendencia a la linealidad de la caída de velocidad de un grupo a otro vuelve a aparecer. La diferencia entre los corredores es progresiva y lógica en función de la clasificación de grupos realizada.

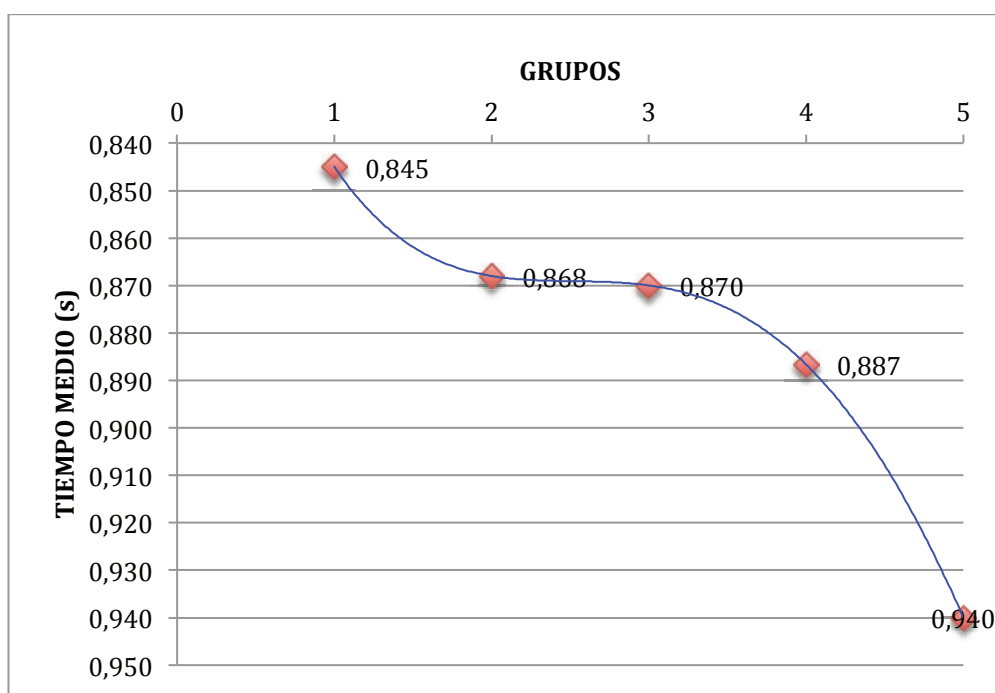


Figura 24: tiempos medios de los diferentes grupos a los 90 metros

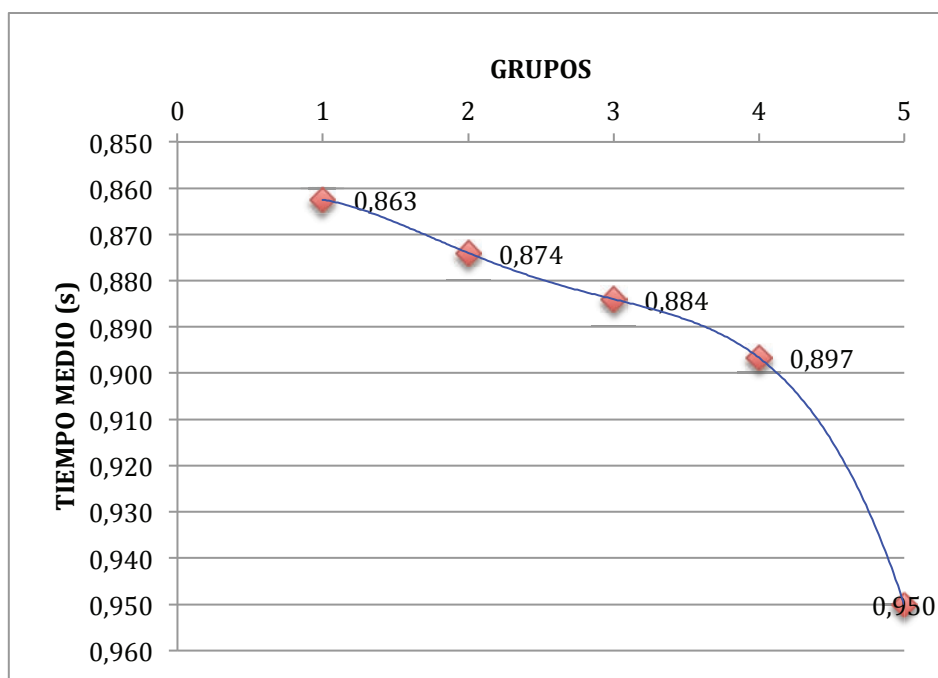


Figura 25: tiempos medios de los diferentes grupos a los 100 metros

En la gráfica perteneciente al sector de 90m, vuelve a aparecer una oscilación ocasionada igual que en el caso anterior por el grupo 3, y puede deberse a las mismas razones que se exponían anteriormente, es decir, a la presencia en este grupo del corredor Carl Lewis.

Por otro lado, en ambas gráficas (tramos 90 y 100m) son muy llamativas las diferencias que se producen en el tramo final entre los corredores rápidos y lentos, llegando en el último tramo a una diferencia de casi 0,100s entre el primer y el último grupo lo que nos indica, como hemos podido comprobar en el análisis de las graficas anteriores, que la pérdida de velocidad en los últimos metros por parte de los grupos más lentos es mucho mayor.

5. DISCUSIÓN

A la vista de los resultados, llaman la atención las gráficas de los 20 y 30 metros, donde se observan las mayores diferencias entre grupos, puesto que parece que los corredores de los grupos más lentos tienden a forzar su aceleración desde el principio de la carrera provocando un prematuro consumo de recursos energéticos que tiene su reflejo en la parte final de la prueba. En principio, estos resultados son congruentes con las teorías de Bonomi (2005) aunque la presencia de Carl Lewis en el grupo 3 podría considerarse tanto un factor de confusión a la hora de interpretar estos datos por como altera los resultados del grupo en el que está incluido como por un factor confirmatorio de las teorías de este autor y de nuestra propia hipótesis, al aplicar este corredor una estrategia de carrera como la que podríamos plantear.

Por otro lado, en las graficas que aparecen de los distintos atletas analizados por grupos, se puede observar perfectamente como hay un punto de inflexión a la baja en la dinámica de la velocidad que coincide con la velocidad máxima en carrera. Curiosamente ese punto en los corredores elite está por encima de los 60 metros mientras que en los corredores de menor nivel deportivo es mucho más prematuro.

De acuerdo con Díaz Peña et al. (2012) y Amaya y Bravo (2013), una de las explicaciones de estos resultados puede ser el vaciado temprano de los depósitos de fosfágenos en los atletas de menor nivel que contribuiría al aumento del tramo de carrera en el que la glucólisis anaeróbica es la fuente energética predominante, al aumento prematuro de la fatiga muscular profunda y a la anticipación del umbral aláctico-láctico.

Por otro lado, en consonancia con lo expuesto por Noakes et al. (2001) y Bonomi (2005), debemos tener muy en cuenta en los 100m, como ya se ha dicho anteriormente, la limitación de la autonomía impuesta por el sistema nervioso central cuando se están realizando esfuerzos de intensidad máxima, puesto que supone un factor limitante a la hora de obtener un rendimiento óptimo. Es por ello que una aceleración que conlleve esfuerzos musculares totalizantes, manifestados por ejemplo por una mímica contraída de la cara, lleva, inevitablemente, a una fuerte caída de la velocidad, sobre todo en la parte final de la carrera.

Esta afirmación del entrenador italiano se puede comprobar perfectamente en los gráficos analizados con anterioridad, donde se aprecia que los grupos lentos y menos profesionales tienen una fuerte aceleración en los primeros metros (ver Figura 5 vs Figura 1 y Figura 17 vs

Figura 18) mientras al final de la carrera sufren una fuerte desaceleración en comparación con los grupos rápidos (ver Figura11 vs Figura15 y Figura 24 vs Figura 25).

Parece evidente por tanto, que uno de los factores clave para mejorar el rendimiento deportivo en los 100m será buscar la máxima eficiencia retrasando la aparición de la fase de desaceleración. A nuestro entender, eso lo podremos lograr mediante la gestión de 3 vías diferentes aunque íntimamente interconectadas: la física, la técnica y la estratégica (de alto componente psicológico).

Resulta por tanto muy llamativo observar en los resultados obtenidos, como los distintos grupos analizados utilizan diferentes estrategias a la hora de afrontar una carrera tan corta como la de los 100 metros lisos, y no responden a lo esperado viendo como su comportamiento en carrera es diferente más allá de la diferencia de rendimiento. Si no existiesen estas diferencias a la hora de plantear la carrera, la tendencia de las gráficas sería al paralelismo y hemos podido comprobar que no lo es.

A la vista de estos hechos, parece que la creencia general de que los 100 metros es una prueba en la que hay que correr al 100% de nuestras posibilidades desde el inicio es un error común. Nuestros resultados reflejan que dicha carrera puede contener ciertos aspectos estratégicos que determinarán que la aparición de fatiga sea más o menos tardía.

Por último, como se ha podido comprobar en el desarrollo del trabajo, la literatura científica actual se centra principalmente en determinar las causas, ya sean fisiológicas o neuronales, por las cuales se produce el deterioro del rendimiento durante la carrera de 100 metros. Bajo nuestro punto de vista y tras lo obtenido en este trabajo, la optimización de la carrera pasa por retrasar esa desaceleración mediante el desarrollo de una estrategia de carrera, que permita al corredor ser lo mas eficiente posible para que aproveche todos sus recursos de la mejor manera posible en función de sus características.

6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El trabajo que hemos desarrollado deja muchos caminos abiertos sobre el papel de la estrategia en los 100 metros como factor de optimización del rendimiento del atleta. Como hemos podido comprobar en los resultados, cada grupo de atletas representa un tipo de estrategia distinta a la hora de afrontar la carrera, estando todos determinados por los factores que se han desarrollado.

Por otro lado en cuanto a los factores que influyen, es necesario destacar y seguir investigando el pensamiento de Dr. Noakes y el desarrollo del entrenador Bonomi, sobre el cerebro y el sistema nervioso como principales causantes de la fatiga.

Consideramos que, tanto la posibilidad de establecer una estrategia en los 100 metros como la correcta asimilación y puesta en práctica de las nuevas corrientes fisiológicas, pueden redundar, en un futuro, en la mejora de los resultados en esta prueba.

7. CONCLUSIONES

- Los diferentes grupos de corredores plantean la carrera con una estrategia distinta.
- Los grupos más rápidos son los más coherentes con sus posibilidades al afrontar la fase de aceleración.
- Los grupos más lentos tienden a acelerar por encima de sus posibilidades lo que supone un grave perjuicio en la fase final de la carrera
- Parece posible que el planteamiento personalizado de una estrategia de carrera, principalmente en la fase de aceleración de los 100 metros, sea un factor de optimización del rendimiento de los corredores de esta distancia.

BIBLIOGRAFÍA

- Ae, M; Ito, A; Suzuki, M (1992) The men's 100 metres. NSA by IAAF. 7/1992, 47-52.
- Amaya, J; Bravo, N (2013) Aporte, comportamiento y predominancia de los sistemas energéticos en pruebas atléticas de velocidad en 100, 200 y 400 metros planos. Trabajo de grado, Universidad del Valle.
- Arufe, V; Martínez, M.J (2005) Tratado de atletismo en el siglo XXI. Asociación Cultural Atlética Gallega.
- Bonomi, R. (2005) La resistencia a la velocidad. Ponencia en Madrid los días 22/23 de Octubre.
- CD-ROM – Rincón 19 y 20. El rincón del entrenador, décimo aniversario. RFEA.
- Díaz Peña et al. (2012) Umbral aláctico-láctico en velocistas. Instituto de medicina del deporte, Cuba. Vol. 7, Núm. 3.
- Floría Martín, P; Ferro Sánchez, A (2011) Análisis del rendimiento en competición entre corredores de 100 metros lisos de diferente nivel. International Journal of Sport Science. 26/2011, 408-416.
- Gaitanos, G et al. (1993) Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. Journal of Applied Physiology. 75/1993, 712-719.
- Gorgostiaga, E (2009) Ejercicio intermitente aeróbico: bases fisiológicas y formas de comprobarlo. XI Jornadas sobre medicina y deporte de alto nivel. COE.
- Graubner, R; Nixdorf, E (2011). Biomechanical analysis of the sprint and hurdles events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. NSA by IAAF. 26/2011, 19-53.
- Hirvonen, J; Rehunen, S; Rusko, Härkönen, M. (1987) Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 56/1987, 253-259.
- Landry, D (1987) Roma 87. The IInd World Championships in Athletics provide a basis for comparison. NSA by IAAF. 3/1987, 29-47.
- Maćkała Krzysztof, A.M (2013). A kinematics analysis of three best 100 M performances ever. Journal of Human Kinetics. 36/2013, 149-160.

- McArdle, W; Katch, F; Katch, V (2004) Fundamentos de fisiología del ejercicio. McGraw-Hill. Madrid. 2ª edición
- Moravec, P et al. (1987) The 1987 international athletic foundation/IAAF Scientific Project Report: time analysis of the 100 metres events at the II World Championships in Athletics. NSA by IAAF 3/1987, 61-96.
- Noakes, T.D et al (2001) Neural control of force output during maximal and submaximal exercise. Journal of Sport Medicine. 31/2001, 637-650.
- Ontanon, G (2013) El entrenamiento de la velocidad. XX Jornadas Técnicas ENE. Madrid, 9 y 10 de Noviembre.
- Subiela, J.V (2007). Aspectos fundamentales del umbral anaeróbico. Academia biomédica digital. 30/2007
- Vicente, J.M (2010) El modelo rítmico de la carrera de 100 metros en los campeonatos del mundo de Berlín 2009. Practicum de Rendiment d' Atletisme, INEFC Bcerlona.
- Vittori, C (2003) La incidencia del entrenamiento en los parámetros (velocidad y frecuencia) del ritmo de la carrera. I Congreso Internacional de Atletismo. Salamanca, 6 de abril.
- Vittori, C e collaboratori. Le gare di velocità. Supplemento al n. 2/95 marzo-aprile di AthleticaStudi – Sped. Abb. Post. 50 – Roma.

ANEXO

- Tablas de datos por grupos:

GRUPO 1	TFO	RT	t10	t20	t30	t40	t50	t60	t70	t80	t90	t100
BOLT, BERLÍN'09	9,580	0,146	1,880	2,880	3,780	4,640	5,470	6,290	7,100	7,920	8,740	9,580
		9,434	1,734	1,000	0,900	0,860	0,830	0,820	0,810	0,820	0,820	0,840
GAY, BERLÍN'09	9,710	0,144	1,910	2,930	3,840	4,700	5,540	6,360	7,190	8,020	8,860	9,710
		9,566	1,766	1,020	0,910	0,860	0,840	0,820	0,830	0,830	0,840	0,850
JOHNSON, SEÚL'88	9,790	0,132	1,830	2,870	3,800	4,660	5,500	6,330	7,170	8,020	8,890	9,790
		9,658	1,698	1,040	0,930	0,860	0,840	0,830	0,840	0,850	0,870	0,900
GREENE, SEVILLA'99	9,800	0,132	1,860	2,890	3,810	4,690	5,550	6,390	7,240	8,090	8,940	9,800
		9,668	1,728	1,030	0,920	0,880	0,860	0,840	0,850	0,850	0,850	0,860
	TIEMPOS MEDIOS:		1,732	1,023	0,915	0,865	0,843	0,828	0,833	0,838	0,845	0,863

GRUPO 2	TFO	RT	t10	t20	t30	t40	t50	t60	t70	t80	t90	t100
JOHNSON, ROMA'87	9,830	0,129	1,840	2,860	3,800	4,670	5,530	6,380	7,230	8,100	8,960	9,830
		9,701	1,710	1,020	0,940	0,870	0,860	0,850	0,850	0,870	0,860	0,870
POWELL, BERLÍN'09	9,840	0,134	1,880	2,900	3,830	4,710	5,560	6,400	7,240	8,090	8,950	9,840
		9,706	1,746	1,020	0,930	0,880	0,850	0,840	0,840	0,850	0,860	0,890
SURIN, SEVILLA'99	9,840	0,127	1,880	2,880	3,790	4,680	5,530	6,380	7,240	8,100	8,960	9,840
		9,713	1,753	1,000	0,910	0,890	0,850	0,850	0,860	0,860	0,860	0,880
LEWIS, TOKYO'91	9,860	0,140	1,880	2,960	3,880	4,770	5,610	6,460	7,300	8,130	9,000	9,860
		9,720	1,740	1,080	0,920	0,890	0,840	0,850	0,840	0,830	0,870	0,860
BURRELL, TOKYO'91	9,880	0,120	1,830	2,890	3,790	4,680	5,550	6,410	7,260	8,120	9,010	9,880
		9,760	1,710	1,060	0,900	0,890	0,870	0,860	0,870	0,840	0,890	0,870
	TIEMPOS MEDIOS:		1,732	1,036	0,920	0,884	0,854	0,850	0,852	0,850	0,868	0,874

GRUPO 3		TFO	RT	t10	t20	t30	t40	t50	t60	t70	t80	t90	t100
MITCHELL, TOKYO'91		9,910	0,090	1,800	2,870	3,800	4,680	5,550	6,420	7,280	8,140	9,010	9,910
			9,820	1,710	1,070	0,930	0,880	0,870	0,870	0,860	0,860	0,870	0,900
LEWIS, SEÚL '88		9,920	0,136	1,890	2,960	3,900	4,790	5,650	6,480	7,330	8,180	9,040	9,920
			9,784	1,754	1,070	0,940	0,890	0,860	0,830	0,850	0,850	0,860	0,880
LEWIS, ROMA '87		9,930	0,193	1,940	2,960	3,910	4,780	5,640	6,500	7,360	8,220	9,070	9,930
			9,737	1,750	1,020	0,950	0,870	0,860	0,860	0,860	0,860	0,850	0,860
CHAMBERS, SEVILLA'99		9,970	0,140	1,870	2,890	3,810	4,710	5,570	6,410	7,290	8,180	9,070	9,970
			9,830	1,730	1,020	0,920	0,900	0,860	0,840	0,880	0,890	0,890	0,900
THOMPSON, SEVILLA'99		10,000	0,145	1,910	2,930	3,850	4,760	5,630	6,500	7,360	8,240	9,120	10,000
			9,855	1,765	1,020	0,920	0,910	0,870	0,870	0,860	0,880	0,880	0,880
		TIEMPOS MEDIOS:		1,742	1,040	0,932	0,890	0,864	0,854	0,862	0,868	0,870	0,884

GRUPO 4		TFO	RT	t10	t20	t30	t40	t50	t60	t70	t80	t90	t100
HARDEN, SEVILLA'99		10,020	0,136	1,870	2,890	3,810	4,710	5,600	6,470	7,330	8,220	9,110	10,020
			9,884	1,734	1,020	0,920	0,900	0,890	0,870	0,860	0,890	0,890	0,910
MONTGOMERY, SEVILLA'99		10,040	0,136	1,910	2,950	3,880	4,770	5,650	6,520	7,390	8,280	9,160	10,040
			9,904	1,774	1,040	0,930	0,890	0,880	0,870	0,870	0,890	0,880	0,880
GARDNER, SEVILLA'99		10,070	0,142	1,910	2,930	3,850	4,740	5,620	6,510	7,400	8,280	9,170	10,070
			9,928	1,768	1,020	0,920	0,890	0,880	0,890	0,890	0,880	0,890	0,900
		TIEMPOS MEDIOS:	0,000	1,759	1,027	0,923	0,893	0,883	0,877	0,873	0,887	0,887	0,897

GRUPO 5		TFO	RT	t10	t20	t30	t40	t50	t60	t70	t80	t90	t100
S-THOMPSON, SEVILLA'99		10,240	0,173	1,970	2,990	3,930	4,830	5,720	6,610	7,500	8,380	9,310	10,240
			10,067	1,797	1,020	0,940	0,900	0,890	0,890	0,890	0,880	0,930	0,930
SUJETOS A RAPIDOS		10,440	-	1,930	3,000	3,980	4,900	5,820	6,730	7,640	8,550	9,470	10,430
			-	1,930	1,070	0,980	0,940	0,920	0,910	0,910	0,920	0,920	0,940
SUJETOS A LENTOS		10,680	-	2,040	3,060	4,070	4,990	5,930	6,850	7,800	8,730	9,700	10,680
			-	2,040	1,100	1,020	0,940	0,930	0,920	0,930	0,950	0,970	0,980
TIEMPO MÓDULO 1		11,170	-	1,940	3,070	4,110	5,120	6,110	7,100	8,100	9,110	10,130	11,170
			-	1,940	1,130	1,040	1,010	0,990	0,990	1,000	1,010	1,020	1,040
TIEMPOS MEDIOS:				1,922	1,063	0,980	0,927	0,913	0,907	0,910	0,917	0,940	0,950

- Fuentes consultadas para la obtención de los datos:

- Datos recuperados de :
http://blogs.diariovasco.com/airelibre/2011/07/21/lewis_johnson_con_el_metro_en_la_mano/
- Datos recuperados de: <http://myweb.lmu.edu/jmureika/track/splits/splits.html>
- Graubner, R; Nixdorf, E (2011). Biomechanical analysis of the sprint and hurdles events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. NSA by IAAF. 26/2011, 19-53.
- Modificado de: Floría Martín, P; Ferro Sánchez, A (2011) Análisis del rendimiento en competición entre corredores de 100 metros lisos de diferente nivel. International Journal of Sport Science. 26/2011, 408-416.
- Toma de datos mediante técnicas de medición laser para investigación en el C.A.R de Madrid al grupo de velocidad , diciembre 2013.

